

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Problemstellung und Motivation | 1 |
| I. Produktions- und kostentheoretische Betrachtungen | 15 |
| 1. Die Bedeutung der Produktions- und Kostentheorie für umweltwirtschaftliche Problemstellungen | 15 |
| 2. Die Berücksichtigung der natürlichen Umwelt im Rahmen aggregierter Modelle | 20 |
| 2.1 Historischer Abriss | 20 |
| 2.1.1 Vorklassik und Klassik | 21 |
| 2.1.2 Physiokratie | 25 |
| 2.1.3 Neoklassik | 26 |
| 2.1.4 Umwelt- und Ressourcenökonomie | 29 |
| 2.2 Die Berücksichtigung der natürlichen Umwelt über externe Effekte | 39 |
| 2.2.1 Definition und Wirkungsweise externer Effekte | 39 |
| 2.2.1.1 Ökonomische Aspekte | 40 |
| 2.2.1.2 Ökologische Aspekte | 50 |
| 2.2.2 Formale Darstellung externer Effekte und ihrer Wirkungen | 54 |
| 2.2.2.1 Outputinduzierte externe Effekte | 54 |
| 2.2.2.2 Faktorinduzierte externe Effekte | 58 |
| 2.3 Die Umwelt als Produktionsfaktor | 66 |
| 2.3.1 Der Faktor Umwelt in aggregierten Modellen | 66 |
| 2.3.2 Erweiterung aggregierter Produktionsfunktionen um den Faktor Umwelt | 72 |
| 2.3.2.1 Produktionsfunktionen vom Cobb-Douglas-Typ | 72 |
| 2.3.2.2 Produktionsfunktion vom Cobb-Douglas-Typ unter Einbeziehung des Faktors Umwelt | 79 |
| 2.3.3 Auswirkungen der Einbeziehung des Faktors Umwelt | 85 |
| 2.3.3.1 Produktionsbeitrag und Substitutionsbeziehungen des Faktors Umwelt | 85 |
| 2.3.3.2 Auswirkungen auf den Faktor Kapital | 89 |
| 2.3.3.3 Ermittlung der Minimalkostenkombination unter Berücksichtigung des Faktors Umwelt | 96 |

| | | |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.3.4 | Substitutionsmöglichkeiten in bezug auf den Faktor Umwelt bei weiteren aggregierten Produktionsfunktionen | 102 |
| 2.3.4.1 | Art der Substitutionsbeziehung und 'Doomsday'-Hypothese | 102 |
| 2.3.4.2 | Erweiterte CES-Funktion | 104 |
| 2.3.4.3 | VES-Funktion vom Sato/Hoffmann-Typ | 106 |
| 2.3.4.4 | Sato-Funktion | 109 |
| 2.3.4.5 | Weitere, problemadäquate Isoquantenverläufe | 112 |
| 2.4 | Zusammenfassung | 114 |
| 3. | Die Berücksichtigung der natürlichen Umwelt in betriebswirtschaftlichen Modellen der Produktions- und Kostentheorie | 121 |
| 3.1 | Zur Bedeutung des Faktors Umwelt in betriebswirtschaftlichen Modellen der Produktions- und Kostentheorie | 121 |
| 3.2 | Der Produktionsprozeß als Input/Output-Modell | 130 |
| 3.3 | Berücksichtigung der natürlichen Umwelt über Verbrauchsfunktionen | 140 |
| 3.3.1 | Das Konzept der Verbrauchsfunktionen nach GUTENBERG | 140 |
| 3.3.2 | Die Abbildung von Umweltnutzung über bewertete Verbrauchsfunktionen | 144 |
| 3.3.3 | Auswirkungen der Abbildung von Umweltnutzung in bewerteten Verbrauchsfunktionen | 148 |
| 3.3.4 | Auswirkungen der Berücksichtigung von Umweltnutzung auf die Niedrigstkostenkurve | 154 |
| 3.3.5 | Konsequenzen der Berücksichtigung von Umweltnutzung auf quantitative Anpassungsprozesse | 161 |
| 3.4 | Kurzfristige Anpassung an Emissionsbeschränkungen | 168 |
| 3.4.1 | Unterschiedliche Ausprägungen von Emissionsbeschränkungen | 168 |
| 3.4.2 | Anpassung an Beschränkungen der Momentanemissionen | 171 |
| 3.4.2.1 | Fixe Beschränkung der Momentanemissionen ohne Möglichkeit der Grenzwertüberschreitung | 171 |
| 3.4.2.2 | Variable Beschränkung der Momentanemissionen ohne Möglichkeit der Grenzwertüberschreitung | 178 |
| 3.4.2.3 | Variable Beschränkung der Momentanemissionen mit Möglichkeit der Grenzwertüberschreitung | 181 |
| 3.4.2.4 | Betriebszeiterhöhungen als Anpassungsmaßnahme an Beschränkungen der Momentanemissionen | 183 |

| | | |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.4.3 | Anpassung an Beschränkungen der Gesamtemissionen | 191 |
| 3.4.3.1 | Fixe Beschränkung der Gesamtemissionen ohne Möglichkeit der Grenzwertüberschreitung | 191 |
| 3.4.3.2 | Variable Beschränkung der Gesamtemissionen ohne Möglichkeit der Grenzwertüberschreitung | 208 |
| 3.4.3.3 | Variable Beschränkung der Gesamtemissionen mit Möglichkeit der Grenzwertüberschreitung | 212 |
| 3.4.4 | Kurzfristige qualitative Anpassungen | 216 |
| 3.5 | Zusammenfassung | 227 |

II. Produktionsmengenplanung 235

| | | |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. | Zur Berücksichtigung der Umweltnutzung in der Produktionsmengenplanung | 235 |
| 2. | Konsequenzen der Berücksichtigung von Umweltnutzung auf die optimale Ausbringungsmenge | 239 |
| 2.1 | Gewinn- und Rentabilitätsmaximierung bei einstufiger Einproduktartenfertigung | 239 |
| 2.2 | Auswirkungen des Erwerbs von Umweltnutzungsrechten bei Monoproduktion und Planungssicherheit | 248 |
| 2.3 | Gewinnmaximierung bei Mehrproduktartenfertigung | 251 |
| 2.3.1 | Unrestringierte Optimierung bei stetigen Gewinnfunktionen | 251 |
| 2.3.2 | Optimierung bei stetigen Gewinnfunktionen und Beschränkungen | 253 |
| 2.3.3 | Gewinnmaximierung beim Erwerb von Umweltnutzungsrechten | 257 |
| 3. | Berücksichtigung von Umweltnutzung in der operativen Produktionsprogrammplanung bei mehrstufiger Mehrproduktartenfertigung und Unsicherheit | 259 |
| 3.1 | Problembezogene Besonderheiten bei der Formulierung eines Linearen Optimierungsmodells | 259 |
| 3.2 | Problemadäquate Abbildung aggregatleistungsabhängiger Kostenfunktionen in Modelle der linearen Optimierung | 265 |

| | | |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.3 | Abbildung von Emissionsbeschränkungen und Umweltkosten | 274 |
| 3.3.1 | Zeitraumbezogene Restriktionen | 274 |
| 3.3.2 | Zeitpunktbezogene Restriktionen | 275 |
| 3.3.3 | Restriktionen in bezug auf Umweltnutzungsklassen | 277 |
| 3.3.4 | Abbildung von Umweltnutzungskosten | 279 |
| 3.4 | Problemadäquate Abbildung der Unsicherheit und der Unschärfe | 281 |
| 3.4.1 | Zur Problemadäquanz unterschiedlicher Ansätze zur Abbildung von Unsicherheit | 281 |
| 3.4.2 | Problemrelevante Grundlagen der Fuzzy Set-Theorie | 286 |
| 3.4.2.1 | Begriffe der unscharfen Mengenlehre | 287 |
| 3.4.2.2 | Problemadäquate Verknüpfungsoperatoren | 292 |
| 3.4.2.3 | Das Erweiterungsprinzip | 295 |
| 3.4.2.4 | Problemadäquate Zugehörigkeitsfunktionen | 298 |
| 3.4.2.5 | Symmetrischer und nicht-symmetrischer Optimierungsansatz | 299 |
| 3.5 | Formulierung eines unscharfen Produktionsprogrammplanungsmodells | 302 |
| 3.5.1. | Zum Einsatz von fuzzy Optimierungsmodellen in der Programmplanung | 302 |
| 3.5.2 | Unschärfeursachen unter besonderer Berücksichtigung umweltrelevanter Aspekte | 304 |
| 3.5.2.1 | Unschärfebereiche betrieblicher Beschränkungen | 304 |
| 3.5.2.2 | Unschärfe in der Zielfunktion | 310 |
| 3.5.3 | Zur Relevanz mehrfacher Zielsetzungen bei der Verfolgung umweltbezogener Ziele | 312 |
| 3.5.4 | Formale Abbildung der Unschärfe und ihre Problematik | 314 |
| 3.5.4.1 | Unscharfe Restriktionsgrenzen | 314 |
| 3.5.4.2 | Unscharfe Restriktionskoeffizienten und -grenzen | 320 |
| 3.5.4.3 | Unscharfe Zielfunktionskoeffizienten | 325 |
| 3.5.5 | Probleme und Vorgehensweise bei der Modellformulierung | 326 |
| 3.5.5.1 | Formulierung des Optimierungsproblems bei unscharfen Restriktionsgrenzen | 326 |
| 3.5.5.2 | Vorgehensweise bei unscharfen Restriktionskoeffizienten und Restriktionsgrenzen | 328 |
| 3.5.5.3 | Vorgehensweise bei unscharfen Zielfunktionskoeffizienten | 332 |
| 3.5.5.4 | Rückschlüsse für die vorzunehmende Modellformulierung | 335 |
| 3.5.6 | Produktionsprogrammplanungsmodell mit unscharfen Restriktionsgrenzen | 336 |
| 3.5.7 | Produktionsprogrammplanungsmodell mit vollständiger Unschärfe | 341 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.6 Simulationen auf der Basis des konstruierten Modells | 347 |
| 3.6.1 Gegenstand der Simulationsuntersuchungen | 347 |
| 3.6.2 Auswirkungen von Emissionsbeschränkungen | 348 |
| 3.6.3 Einbeziehung mehrerer umweltbezogener Ziele in die Optimierung | 354 |
| 3.6.4 Einbeziehung von Umweltnutzungszertifikaten | 357 |
| 3.6.4.1 Ermittlung der gewinnmaximalen Anzahl Umweltnutzungszertifikate | 357 |
| 3.6.4.2 Ermittlung von Zertifikatsgrenzpreisen | 363 |
| 3.6.4.3 Eingeschränkte Umweltnutzung als Unternehmensziel und Zertifikate | 364 |
| 4. Zusammenfassung | 367 |
| Schlußbemerkung | 373 |
| Literaturverzeichnis | 375 |